

Крохин Александр Леонидович, канд. физ.-мат. наук, доцент  
Уральский федеральный университет  
им. первого Президента России Б.Н. Ельцина  
Доцент ИРИТ-РтФ  
alkrochin@yandex.ru  
г. Екатеринбург, Россия

## **ДИНАМИЧЕСКИЕ 3-МЕРНЫЕ НАГЛЯДНОСТИ В СЕТЕВЫХ УЧЕБНЫХ КУРСАХ И ПРЕЗЕНТАЦИЯХ**

**Аннотация:** Динамические 3-мерные изображения (наглядности) повышают эффективность образовательного воздействия, способствуют развитию пространственного воображения, расширяют арсенал дидактических средств преподавателя. Рассмотрены инструментальные средства и форматы представления 3-мерных визуализаций математических абстрактных объектов. Описан процесс их подготовки и представления наблюдателю с использованием открытого программного обеспечения и возможностей формата PDF.

**Ключевые слова:** визуальные метафоры, дидактическая визуализация, 3D PDF

Современный образовательный процесс осуществляется в тесном взаимодействии с компьютерными технологиями и техническими средствами. Лектор использует слайд-проектор или интерактивную доску. Дистанционные формы образовательного процесса, в т.ч. «открытое образование», базируются на сетевой инфраструктуре и мощном программном обеспечении. Все это позволяет существенно повысить эффективность иллюстративной графической составляющей дидактических материалов. А визуальный компонент (рисунок, чертеж, схема и даже видеофрагмент) присутствует в любом учебном курсе [1].

Надо отметить, что первоначальная эйфория университетской среды давно сменилась рациональным подходом к возможностям мультимедийной аппаратуры и программного обеспечения. Появились и интенсивно развиваются как теоретические, так и практические аспекты новых научных дисциплин: информационная визуализация (information visualization), научная визуализация (scientific visualization), теория визуальной метафоры [моя]. Во главу угла организации коммуникационного процесса ставятся закономерности зрительного восприятия и мышления человека [2].

В настоящей работе рассматривается т.н. 3-мерная (3D) графика в достаточно узком смысле. Это 3-мерные изображения, используемые как наглядность образовательного процесса.

## Место и роль 3-мерных наглядностей

Иллюстративный материал в виде 3-мерных изображений используется или мог бы использоваться во многих случаях. Если ограничиться математическими курсами, то это аналитическая геометрия в пространстве, поверхности функций многих переменных, области интегрирования для трехмерных и поверхностных интегралов, линии тока и поверхности уровня и пр. Несомненно, улучшили бы понимание многих вопросов в химии 3-мерные изображения сложных молекул. Скажем, специфические свойства водных растворов определяются именно характером пространственного расположения электронных облаков ионов соседних молекул (см. рис 1.)

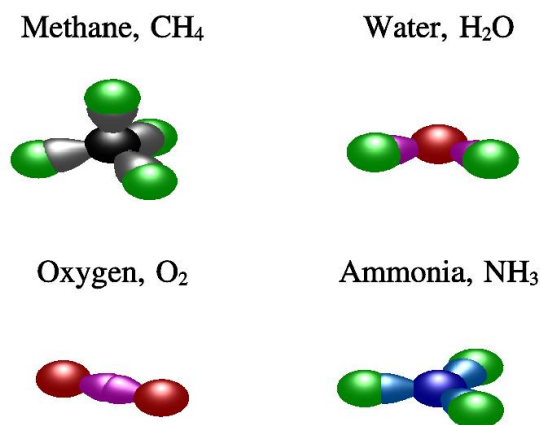


Рис. 1. Пространственные изображения молекул

Поскольку физическим носителем изображения для наблюдателя является плоскость доски или экрана, то 3-мерность фактически имитируется. Надо сказать, что зрительное восприятие человека можно «обмануть», применяя некоторые известные приемы – перспективное искажение формы и размера, тени, удаление «невидимых» фрагментов и пр. [3]. Несколько более условными и требующими определенной подготовки, являются приемы машиностроительного черчения (engineering drawing): виды, разрезы, сечения.

Таким образом, зритель может получить достаточно полное пространственное представление объекта. Надо отметить, что визуализация абстрактных процессов и объектов осложняется тем, что адекватную визуальную метафору надо еще придумать, «изобрести». Причем заложенное в

эту метафору содержание должно помогать коммуникативному процессу, а не превращать его в «угадайку».

Компьютер как посредник в передаче изображения может облегчить восприятие 3-мерности, если обеспечить динамическое, а еще лучше интерактивное представление графики. Последовательный показ изображения, проецированного с различными углами зрения (анимация), один из достаточно просто реализуемых технологических приемов. Наиболее же эффективным является «живое» 3-мерное изображение [4].

Уточним это образное определение. Имеется виртуальное 3-мерное изображение в виде «облака точек» (point cloud) или же сеть многоугольников, приблизительно описывающая границы объекта (mesh). Некоторые тела и поверхности могут быть описаны аналитически либо простыми уравнениями, либо 3-мерными сплайнами различных типов с заданными контрольными точками. Подобные модели используются в CAD (computer added design) инструментальных системах и современных математических пакетах (Maple, MatLab).

Главное отличие «живых» 3-мерных изображений это возможность интерактивного манипулирования посредством GUI (Graphical User Interface), который входит в упомянутые системы (см. рис. 2). Пользователь может менять угол зрения, масштаб, «расстояние» до виртуального объекта, разделять его на части, получать сечения и разрезы. Причем, современные ПК обладают достаточными вычислительными средствами для быстрого выполнения этих манипуляций.

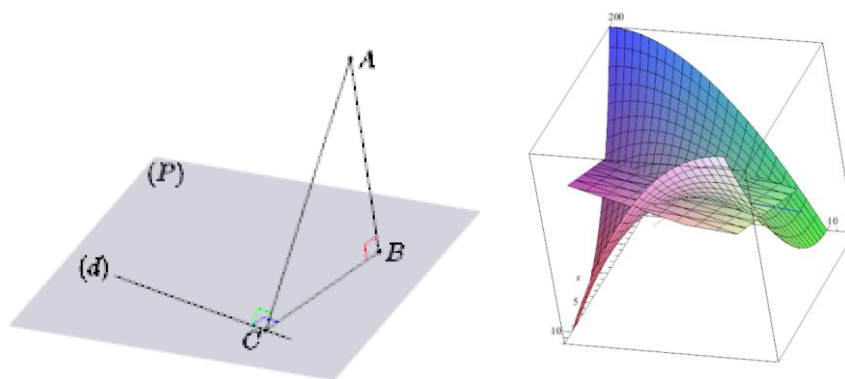


Рис. 2. Картинки, полученные из «живых» 3-мерных изображений.

В исходном виде в Adobe Reader ими можно манипулировать

К сожалению, необходимое для создания «живых» 3-мерностей ПО коммерческое и специализированное под определенную деятельность. Для образовательных и научных учреждений, а особенно отдельных преподавателей и исследователей, это неприемлемо.

Указанные обстоятельства привели к появлению специфического типа программного обеспечения – открытого ПО (free ware). Более того, открытое ПО «открыто» для любого пользователя и в плане совершенствования, улучшения функционала, исправления ошибок (GNU – General Public License).

Каноническим примером является система TeX, созданная в 90-е годы и применяемая миллионами пользователей (преподавателей, исследователей, студентов) для подготовки высококачественных документов с большим количеством формул. Графический компонент документов также может быть создан свободным ПО, входящим в большинство дистрибутивов (LaTeX, TeXLive).

### **Инструментальные средства создания 3-мерных наглядностей**

Популярные системы – MetaPost, TikZ, Ps-Tricks – ориентированы изначально на обычные 2-мерные рисунки. Можно, конечно, получать проекции 3-мерных объектов и довольно эффектные [5].

Для создания «живых» 3-мерных наглядностей наиболее удобна система Asymptote, которая также является свободным ПО [6]. Данная система имеет развитый C-подобный язык, позволяющий описывать графические объекты, а затем импортировать их в различных форматах. Для целей данной работы основным является PRC формат, в котором импортируется сгенерированное системой 3-мерное изображение.

Полученные в коммерческих системах типа Maple 3-мерные графические объекты также могут быть импортированы в различных форматах 3-мерных изображений.

Отдельно надо отметить открытое ПО с GUI, изобразительные возможности которого основаны на свойствах NURB сплайнов (Blender, MeshLab). Пользователь может выделить отдельные участки виртуальной

поверхности исходной простой фигуры. Затем, перемещая контрольные точки, добиться желаемой формы выделенного участка. Такая «лепка» превращает исходное геометрическое тело в тело произвольной формы. Изобразительные возможности систем чрезвычайно велики и для наших целей избыточны. Однако указанные системы могут применяться как посредники в преобразовании форматов файлов.

### **Практическое получение динамических 3-мерных наглядностей**

Формат файлов PDF, разработанный и поддерживаемый фирмой Adobe, обладает обширными возможностями для представления динамических интерактивных сетевых учебных документов [4]. Одной из этих возможностей является включение в документ 3-мерных изображений в форматах U3D и PRC. Если для просмотра использовать бесплатный продукт фирмы Adobe Reader, то пользователь может встроенными в этот продукт средствами манипулировать таким изображением.

Заметим, что создание PDF документа как в виде страничного, так и слайда, производится в нашем случае только открытым ПО (TeXLive, MickTeX). Для включения анимации применяют утилиту animate, а трехмерные включаются утилитами media9 или movie15.

### **Заключение**

Использование возможности формата PDF включать динамические изображения – анимацию и 3-мерные – важное средство повышения эффективности дидактических сетевых материалов. Имеющееся открытое ПО позволяет осуществить всю цепочку подготовки – от идеи и сценария до готового продукта – силами самих университетских преподавателей. Активное включение в процесс совершенствования открытого ПО, участие в интернет-форумах будет способствовать как повышению квалификации, так и качества образовательных услуг нашего университета.

## Библиографический список

1. Крохин, А.Л. Принципы и технология математической визуализации: учебное пособие / А.Л. Крохин. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 137 с.
2. Хьюбелл, Д. Глаз, мозг, зрение / Дэвид Хьюбелл. – М. : Мир, 1990. – 240 с.
3. Арнхейм, Р. Искусство и визуальное восприятие / Р. Арнхейм ; сокр. пер. с англ. В.Н. Самохина; общ. ред. и вст. ст. В.П. Шестакова. – М. : Прогресс, 1974. – 392 с.
4. Alexander L. Krochin. Visual Metaphor of Mathematical Abstractions. In: Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Workshop, pp. 52–62, CEUR, vol. 1814, 2017.
5. Страничка системы PStricks [tug.org/PStricks/main.cgi](http://tug.org/PStricks/main.cgi).
6. Сайт системы Asymptote [asymptote.sourceforge.net](http://asymptote.sourceforge.net).